

Thesis

MUNICH

1964

Ex

TIEREXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN
ZUR RESORPTION VON MALTOSE

Günther Dietze

THEATRALISCHES GEDRUCKT
VON JOHANNES VON GALLER

Gezeigt: Theater
an der Universität Zürich in der grossen Halle
am 1. März 1884
mit dem Theater-Orchester
des k. k. Hof-Theaters in Wien

Gezeigt: am
1. März 1884
am 1. März

1884

AUS DER MEDIZINISCHEN POLIKLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Professor Dr. W. Seitz

TIEREXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

ZUR RESORPTION VON MALTOSE

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Günther Dietze
aus Aussig

München 1964

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Priv. Doz. Dr. H. MEHNERT
Mitberichterstatter:	Professor Dr. W. SEITZ
Dekan:	Professor Dr. R. BACHMANN

Tag der mündlichen Prüfung: 3.3.1964

INHALTSVERZEICHNIS

- I. Einleitung
- II. Material und Methode
 - A. Versuchsanordnung bei der Ratte
 - B. Chemische Nachweise
- III. Ergebnisse
- IV. Diskussion
- V. Zusammenfassung
- VI. Literaturverzeichnis



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I. EINLEITUNG

Von Mehnert und Förster (16) ist in jüngster Zeit eine Methode zur Prüfung der Resorption wasserlöslicher Substanzen ausgearbeitet worden, mit deren Hilfe es möglich ist, verschiedene anderen Untersuchungsverfahren anhaftende Fehler zu vermeiden. Der Sinn der sogenannten Kollidon-Clearance liegt darin, daß zusammen mit der "Prüfsubstanz", deren Resorption geprüft werden soll, auch eine "Kontrollsubstanz" verabreicht wird.

Diese Kontrollsubstanz muß wasserlöslich, nicht toxisch, gut nachweisbar, von hohem Molekulargewicht und vor allem nicht resorbierbar sein, damit aus den infolge der Resorption sich ergebenden Differenzen zwischen Konzentration der Prüfsubstanz im Darm einerseits und Konzentration der Kontrollsubstanz im Darm andererseits einwandfrei das Ausmaß der Resorption der Prüfsubstanz errechnet werden kann.

Die Eigenschaften erfüllt in hervorragender Weise das Kollidon, ein Polyvinylpyrrolidon mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht von 30 000.

Mit Hilfe dieser Methode wurde in letzter Zeit die Resorption einer großen Zahl von Zuckern oder Zuckeralkoholen bei Mensch und Tier geprüft. So berichteten Förster (7) sowie Mehnert und Förster (16) über die Resorption von Glucose, Fructose und Sorbit bei Mensch und Tier. Im Tierexperiment wurde ferner die Resorption von Galaktose, Lactose, Saccharose, Invertzucker, Xylit und Fructosediphosphat durch Geser (8), Bailer (2), Roether (19), Leitz (13), Dehmel (6) und Arbogast (1) geprüft.

Am Menschen wurde mit einem Doppelballonverfahren die Resorption von Galaktose, Lactose und Xylit, durch Langer (12), Tammen (21) und Liebau (14) untersucht. Die Prüfung der Resorption des in der Ernährung so bedeutsamen Disaccharids Maltose stand bisher noch aus.

Aufgabe der vorliegenden Arbeit soll sein, die Resorption der Maltose nach dem von Mehnert und Förster (16) angegebenen tierexperimentellen Verfahren bei Ratten zu prüfen. Dabei sollen verschiedene Maltosekonzentrationen auf verschiedene Prüfzeiten berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse sollen mit jenen Resultaten verglichen werden, die bei der Prüfung der Resorption anderer Zucker durch die oben genannten Autoren mit der gleichen Methode erhoben wurden.

II. MATERIAL UND METHODE

A. VERSUCHSANORDNUNG BEI DER RATTE

Für die tierexperimentellen Untersuchungen wurden 140 männliche Albinoratten herangezogen. Nach der Versuchsanordnung von Mehnert und Förster (16) bekamen die Tiere 8 Tage lang vor dem Versuch eine Standardkost, die aus Brot, Salatblättern und Fischmehl bestand.

24 Stunden vor Versuchsbeginn wurden die Ratten gewogen und erhielten keine Nahrung mehr. Sie wurden in Einzelkäfige gesetzt, deren Bodengitter eine Maschenweite von 1 cm haben, um eine Koprophagie zu verhindern. Es wurden nur Tiere mit einem Gewicht von 170 bis 240 Gramm verwendet, da Ratten, wie Mehnert und Förster (16) bereits feststellten, bei Untergewicht zu empfindlich auf die Narkose und Schlundsondierung reagierten, bei Übergewicht hingegen die Magenentleerung zu sehr verzögert war. Die Versuchslösungen wurden erst unmittelbar vor Versuchsbeginn hergestellt. Sie enthielten immer 10 % Kollidon und außerdem 10 %, 20 %, 30 % und 50 % Maltose.

Zu Versuchsbeginn erhielten die Ratten eine leichte und kurze Äthernarkose. Mit einer Schlundsonde wurden dann 1, 3 ml der erwärmten Versuchslösung in den Magen gebracht. Nach 15, 30 und 60 Minuten Resorptionsdauer wurden die Tiere durch Ätherinhalation getötet, das Abdomen geöffnet, am Übergang des Dünndarms in das Coecum, am Pylorus und an der Cardia Ligaturen gelegt, der Darm vorsichtig herausgelöst, in Eiswasser abgekühlt (um jede noch so geringfügige Resorption auszuschließen), abgewaschen und in Segmente geteilt.

Für die nach 15 und 30 Minuten getöteten Ratten wählten wir eine Aufteilung in drei Abschnitte. Es wurden doppelte Ligaturen gelegt und der Dünndarm, vom Pylorus zum Coecum gerechnet, nach 1/10 und nach 3/10 Darmlänge abgeschnitten. Damit war der Dünndarm von cranial nach caudal in Abschnitte unterteilt, die 1/10, 2/10 und 7/10 seiner Länge ausmachten. Bei den "60 Minuten-Ratten" wurde der Dünndarm in vier Abschnitte (2/10, 2/10, 2/10, 4/10) unterteilt. Die Darmsegmente und der Magen wurden aufgeschnitten, in Eiswasser ausgewaschen und sofort analytisch aufgearbeitet. Je nach der zu erwartenden Konzentration in den einzelnen Segmenten wurden 10 - 40 ml aqua dest. verwendet. Die starke individuelle Schwankung in der Magenentleerung der Ratte spielt eine wesentliche Rolle bei der Regulierung des Angebotes an den Darm, was sich in der statistischen Auswertung bemerkbar macht und auch die Parameter für die Resorption beeinflusst.

B. CHEMISCHE NACHWEISE

a) Nachweis des Kollidon

Modifiziert nach Schubert (20)

1 oder 2 oder 3 ml Darminhalt werden mit aqua destillata auf 3 ml aufgefüllt, mit 1 ml 10%iger Kupfersulfat-Lösung versetzt und im siedenden Wasserbad 2 Minuten erhitzt. Das Kupfersulfat wird mit 1 ml 10,61 %iger Kaliumferrocyanid-Lösung ausgefällt. Danach wird abgekühlt, gut durchgeschüttelt und zentrifugiert.

Vom Überstand werden 1 oder 2 ml mit 5 ml Jod-Jodkalilösung (0,08 mol. KI : 0,01 mol. Jod-Sublimat) versetzt, wobei es bei Vorhandensein von Kollidon zu einer Farbvertiefung kommt, die durch Bildung eines Kollidonjodkomplexes entsteht. Dieser Komplex wird mit 5 ml 10 %iger Salzsäure ausgefällt, zentrifugiert und der Überstand abgegossen. Der Niederschlag wird mit 25 ml Methylalkohol aufgenommen und die Farbintensität am Photometer Eppendorf bei 436 m μ gemessen.

Die abgelesenen Werte werden mit einer Eichkurve verglichen. Es muß sofort abgelesen werden, da der Kollidon-Jodkomplex beim Stehen eine Farbintensitätsminderung erfährt.

b) Nachweis der Prüfsubstanz

1. Enteiweißung und Spaltung der Maltose

Wir nahmen 2 ml des Darmextraktes und nach Mehnert und Förster (16) 4 ml Perchlorsäure und zwar 4,9 %ige Perchlorsäure bei einer Maltosekonzentration von 10 % und 20 % bzw. 7 %ige Perchlorsäure bei einer Maltosekonzentration von 30 % und 50 %.

Nach Schütteln der Prüflösung wurde 60 Minuten lang gekocht, um die Spaltung in 2 Moleküle Glucose vorzunehmen. Nach Filtration wurde 0,1 ml für den Glucose-Nachweis abpipettiert. Die kolorimetrischen Untersuchungen wurden alle am Photometer Eppendorf durchgeführt. Die erhaltenen Werte wurden auf einen Vergleichswert bezogen.

2. Nachweis der Glucose

Der Nachweis erfolgte nach der von Keilin und Hartree (10) entwickelten und von Teller (22) und Keston (11) verbesserten Methode (Boehringer-Testverfahren). Es beruht auf der von der Glucoseoxydase katalysierten Oxydation der Glucose zu Glucuronsäure, wobei Wasserstoffperoxyd entsteht. In Anwesenheit von Peroxydase oxydiert Peroxyd o-Dianisidin-Hydrochlorid zu einem rotbraunem Farbstoff. Die Konzentration des Farbstoffes, der bei 436 m μ kolorimetriert wird, ist ein Maß für die Konzentration der Glucose. Wir verwendeten 0,1 ml enteweißte Flüssigkeit auf 5 ml des gelieferten Glucosereagens (BOEHRINGER).

III. ERGEBNISSE

Die Ergebnisse sind aus den folgenden zwei Tabellen und den beiden Abbildungen zu sehen.

Für die Tabellen gelten als Abkürzungen

$\bar{x}$ = Mittelwert

S = Standardabweichungen

Sx = Streuung

n = Zahl der Tiere

Die Standardabweichung wurde nach folgender Formel berechnet:

$$S = \sqrt{\frac{(x - x_1)^2 + (x - x_2)^2 + (x - x_3)^2 + \dots}{n}}$$

Die Streuung errechnete sich aus folgender Formel:

$$Sx = \sqrt{\frac{(x - \bar{x})^2}{n \cdot (n - 1)}}$$

Fußnote bei Tabelle II:

Die Abkürzungen D1, D2, D3 und D4 bezeichnen die einzelnen Dünndarmabschnitte gemäß der in der Methodik beschriebenen Unterteilung.

Die prozentuale Resorption 10%iger Lösungen (1,3ml) von Galaktose, Glucose, Fructose, Maltose, Saccharose, Lactose, Xylit sowie Sorbit bei Ratten.

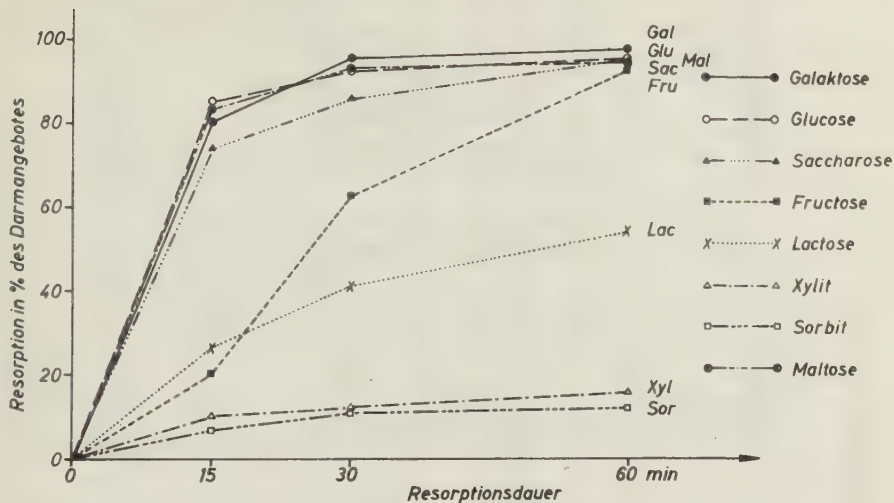


ABBILDUNG I

Die absolute Resorption 10%iger Lösungen (1,3ml) von Galaktose, Glucose, Fructose, Maltose, Saccharose, Lactose, Xylit sowie Sorbit bei Ratten.

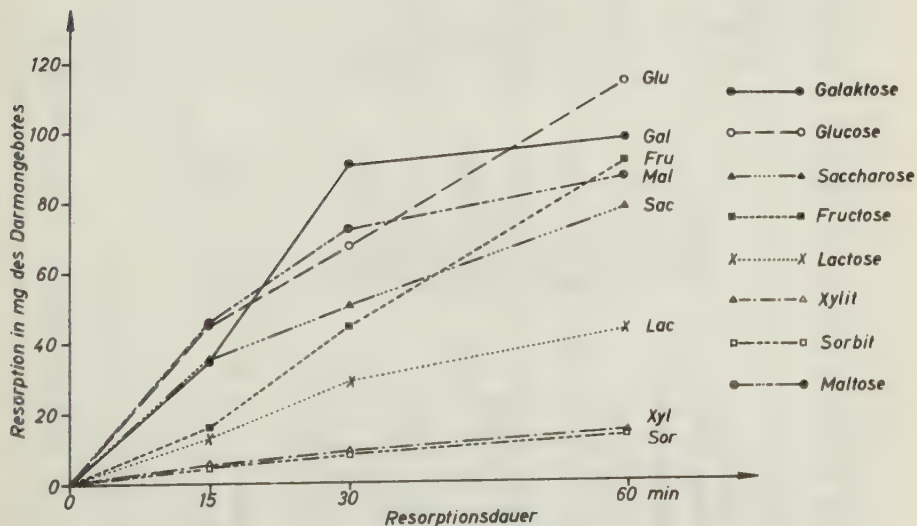


ABBILDUNG II

DIE RESORPTION VON MALTOSELÖSUNGEN VERSCHIEDENER KONZENTRATION
nach 15, 30 und 60 Minuten im gesamten Dünndarm

Prüfsubstanz Konzentration	Resorption in 15 min.			Resorption in 30 min.			Resorption in 60 min.			
	X	S	Sx	X	S	Sx	X	S	Sx	
10%ige Lösung (130 mg in 1,3 ml)	Angebot	53,6	13,2	4,4	77,8	18,0	6,0	90,4	22,8	7,62
	davon resorb.	45,7	14,5	4,8	72,2	18,2	6,1	86,6	24,0	8,00
	in %	(:83,4%)		n:10	(:93,4%)		n:10	(:95,8%)		n:10
20%ige Lösung (260 mg in 1,3 ml)	Angebot	59,9	19,8	6,6	113,8	41,8	13,9	202,4	72,5	24,2
	davon resorb.	41,7	17,5	5,8	105,5	42,7	14,2	199,3	46,1	15,3
	in %	(:69,8%)		n:10	(:92,8%)		n:10	(:98,8%)		n:10
30%ige Lösung (390 mg in 1,3 ml)	Angebot	95,8	64,2	21,4	107,2	29,8	9,9	224,92	56,0	18,7
	davon resorb.	56,1	54,7	18,2	81,5	28,2	9,4	196,63	56,5	18,8
	in %	(:58,7%)		n:10	(:75,8%)		n:10	(:87,7%)		n:10
50%ige Lösung (650 mg in 1,3 ml)	Angebot	101,96	54,7	18,2	149,76	36,1	12,4	290,85	83,2	27,7
	davon resorb.	52,51	40,3	13,4	112,61	41,6	13,9	254,24	71,6	23,8
	in %	(:51,9%)		n:10	(:75,5%)		n:10	(:87,5%)		n:10

TABELLE 1

DIE RESORPTION VON MALTOSELÖSUNGEN VERSCHIEDENER KONZENTRATION
nach 15, 30 und 60 Minuten in den einzelnen Darmsegmenten

Prüfsubstanz Konzentration		Resorption in 15 min.			Resorption in 30 min.			Resorption in 60 min.			
		D ₂	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
10%ige Lösung (130 mg in 1, 3 ml)	Angebot (mg)	5, 81	7, 81	40, 05	4, 23	10, 6	63, 0	3, 6	6, 5	15, 0	65, 2
	davon resorb.	2, 42	5, 51	37, 76	3, 13	9, 5	60, 2	1, 7	6, 0	14, 3	64, 5
	in %	41, 6	70, 6	92, 9	75, 0	89, 3	95, 6	47, 2	93, 2	95, 3	98, 9
20%ige Lösung (260 mg in 1, 3 ml)	Angebot	8, 40	14, 30	37, 1	6, 30	7, 30	102, 2	2, 4	4, 2	29, 8	165, 8
	davon resorb.	2, 41	8, 25	32, 7	2, 50	4, 90	99, 1	1, 9	3, 5	29, 4	164, 6
	in %	28, 5	57, 9	87, 8	39, 6	66, 1	96, 8	78, 0	82, 3	98, 2	99, 1
30%ige Lösung (390 mg in 1, 3 ml)	Angebot	17, 68	14, 72	63, 9	11, 13	11, 1	84, 1	11, 1	17, 4	56, 1	140, 2
	davon resorb.	2, 45	4, 95	49, 2	1, 95	4, 0	75, 5	5, 0	14, 51	53, 9	122, 6
	in %	13, 8	23, 5	77, 1	17, 6	36, 0	89, 0	45, 1	83, 1	95, 9	86, 9
50%ige Lösung (650 mg in 1, 3 ml)	Angebot	15, 05	27, 16	59, 76	18, 46	21, 59	109, 71	19, 7	19, 8	62, 4	188, 8
	davon resorb.	3, 40	7, 86	41, 16	1, 47	10, 84	100, 29	5, 5	8, 2	57, 6	182, 8
	in %	19, 7	28, 9	69, 5	7, 99	51, 0	91, 2	27, 7	41, 5	91, 9	95, 9

TABELLE 2

IV. DISKUSSION

Der Maltose kommt in der Ernährung des Menschen insofern eine besondere Bedeutung zu, als der weitaus überwiegende Teil der Stärke im Darm zu Maltose abgebaut wird. Die weitere Aufspaltung der Maltose zu zwei Molekülen Glucose findet, wie neuere Arbeiten von Dahlquist (4) sowie Dahlquist und Borgström (5) zeigten, im Epithel der Darmschleimhaut statt. Die Stärke, als eine der bevorzugten Kohlenhydratquellen der menschlichen Ernährung, läßt sich chemisch in Amylose und Amylopectin zerlegen. Die Amylose besteht nach Karlson (9) aus zahlreichen (250 - 300) Molekülen Glucose, die 1 - 4 - a - glycosidisch verknüpft sind. Grundbaustein ist somit die Maltose (a - Glucosido - 4 - Glucose), und zwischen den Maltose - Einheiten liegt wieder die a - Glycosidbindung 1 - 4 vor. Amylopection, der zweite Bestandteil natürlicher Stärke, ist wie die Amylose aus a - glycosidisch verbundenen Glucosen aufgebaut, neben der vorherrschenden 1 - 4 - Bindung kommt aber auch die 1 - 6 - Bindung vor, denn nach enzymatischer Spaltung hat man neben Maltose die Isomaltose (6 - a - Glucosido - Glucose) isoliert.

Aus den Tabellen und der Abbildung I ist ersichtlich, daß Maltose genauso rasch resorbiert wird wie die von anderen Voruntersuchern als außergewöhnlich schnell resorbierbar erkannten Monosaccharide Glucose (7) und Galaktose (12).

Diese Ausgabe gilt jedoch nur für die prozentuale Resorption, nicht jedoch für die absolute Resorption des Dissaccharids.

Zur Erläuterung der Begriffe sei der Unterschied zwischen prozentualer und absoluter Resorption in unserer Versuchsanordnung hierzu definiert: Unter prozentualer Resorption verstehen wir jenen Anteil resorbierter Prüfsubstanz in Prozent, der in der Zeiteinheit von der dem Darm angebotene Menge Prüfsubstanz (= 100 %) resorbiert wurde. Wenn also z.B. bei oraler Applikation von 130 mg Maltose nur 53,6 mg innerhalb von 15 Minuten dem Darm angeboten wurden (wie sich durch Berücksichtigung der Kollidonwerte unschwer errechnen läßt) dann bedeutet das Verschwinden von 45,7 mg Maltose aus dem Darm in diesem Zeitabschnitt, daß 83,4 % des Darmangebotes resorbiert wurden.

Die absolute Resorption hingegen wird in mg angegeben und entspricht der Zahl 45,7, die - gemessen an der per Schlundsonde applizierten Gesamtmenge von 130 mg - vergleichsweise klein ist. Aus dieser Gegenüberstellung von prozentualer und absoluter Resorption läßt sich die überragende Bedeutung der Magenentleerung bei der Prüfung der Resorption erkennen. In früheren Arbeiten konnte mit Hilfe der Kollidon-Clearance festgestellt werden, daß im allgemeinen zwischen Magenentleerung und Resorption eines Zuckers folgende Beziehungen bestehen: je langsamer ein Zucker resorbiert wird, je kürzer die Prüfzeit und je höher die Konzentration der verabreichten Lösung ist, desto weniger Prüfsubstanz wird vom Magen zur Resorption an den Darm freigegeben.

Auf Grund unserer Untersuchung bedarf diese Faustregel zwischen Magenentleerung und Resorption einer gewissen Erweiterung. Es zeigt sich nämlich eindeutig bei einem Vergleich der Magenentleerung von Monosacchariden bzw. Zuckeralkoholen einerseits und Disacchariden andererseits, daß die Disaccharide auch bei etwa gleicher prozentualer Resorption langsamer den Magen verlassen als die Monosaccharide. Dies läßt sich besonders leicht erkennen wenn man die Abbildung 1 und 2 der vorliegenden Arbeit betrachtet.

Aus Abbildung 1 ist zu ersehen, daß die Monosaccharide Glucose und Galaktose und die Disaccharide Maltose und Saccharose bei Verabreichung in 10 %igen Lösungen praktisch eine gleiche prozentuale Resorption aufweisen.

Der Abbildung 2 hingegen ist zu entnehmen, daß die von der gleichen Gesamtmenge (130 mg) resorbierte absolute Zuckermenge bei den Disacchariden deutlich geringer ist. Natürlich ist dies bedingt durch die oben erwähnte Tatsache, daß bei der Verabreichung von Disacchariden das Darmangebot deutlich kleiner, d. h. also, daß die Magenentleerung erheblich verzögert ist. Dieses Phänomen kann vorläufig noch nicht erklärt werden, zumal es bis zu einem gewissen Grade im Widerspruch zu bisherigen Beobachtungen zu stehen scheint. Verschiedene Autoren (17, 18) hatten darauf hingewiesen, daß die Osmolarität einer Lösung die Magenentleerung insoweit beeinflußt, als bei höherem osmotischen Druck die Magenentleerung verzögert ist, um durch Verdünnung der Lösung im Mageninneren eine für die Resorption im Darm günstige Konzentration vorzubereiten. Dieses Faktum war für uns und die anderen Voruntersucher ein wichtiger Grund gewesen, bei der Resorptionsprüfung auf keinen Fall auf die Magenpassage der Prüflösungen zu verzichten, da diese und die dabei stattfindende Verdünnung physiologische Faktoren darstellen. Die Voruntersucher und wir konnten überdies bei unseren Untersuchungen mit verschiedenen Konzentrationen gleicher Zucker bestätigen, daß in der Tat das Darmangebot in der Zeiteinheit bei höherer Konzentration abnimmt. Dies gilt zweifellos auch für die Maltose, wie man z. B. bei einem Vergleich der Darmangebote der 10 und 20 %igen oder der 20 und 50 %igen Lösungen ersehen kann. Man hätte ja z. B. bei der Verabreichung 50 %iger Lösungen ein zweieinhalbfach größeres Darmangebot erwarten müssen als bei der Verabreichung 20 %iger Lösungen. Bei unseren Untersuchungen erwies sich aber, daß das Darmangebot der 50 %igen Lösungen nicht einmal doppelt so groß war als das der 30 %igen. Dieses Phänomen, das, wie gesagt, auch von allen anderen Untersuchern für andere Zucker und Zuckeralkohole festgelegt wurde, legt natürlich nahe, dem osmotischen Druck im oben definierten Sinne eine überragende Bedeutung für die Magenentleerung einzuräumen. Zu dieser Theorie paßt aber nun gar nicht das unterschiedliche Verhalten der Magenentleerung von Monosacchariden und Disacchariden, denn obwohl die Monosaccharide in gleicher Konzentration einen doppelt so hohen osmotischen Druck ausmachen wie die Disaccharide ist - eine annähernd gleiche prozentuale Resorption vorausgesetzt - das Ausmaß der

bei den Monosacchariden beobachteten Magenentleerung deutlich größer. Obwohl die Osmolarität der verabreichten Lösungen sicherlich einen Einfluß auf die Magenentleerung haben kann, allein ausschlaggebend für die Größe des Darmangebotes kann dieser Faktor nicht sein. Es erhebt sich bei einem Vergleich unserer Ergebnisse mit denen der gesamten Voruntersucher vielmehr die Frage ob die prozentuale Resorption der Maltose und Saccharose nur deswegen so rasch vor sich geht, weil der Organismus aus guten Gründen durch einen Regulationsorganismus das Darmangebot dieser Zucker einschränkt; der Vorgang dieser Regulation ist durch unsere Versuchsanordnung nicht aufzuklären, ebenso wie die Existenz eines solchen Mechanismus nur zu vermuten ist. Hier könnte ein Vergleich z. B. zwischen der Maltose- und Glucoseresorption am isolierten Darm weiterhelfen; denn eine dann gegenüber der Glucoseresorption verminderte Maltoseresorption würde den von uns postulierten sinnvollen Mechanismus der verzögerten Magenentleerung bei Verabreichung von Disacchariden noch wahrscheinlicher machen.

Die rasche Resorption der einmal ins Darmlumen gelangten Maltose nimmt bei Berücksichtigung der Tatsache, daß - wie oben ausgeführt - der größte Teil der Stärke in der Ernährung des Menschen in dieser Form zur Resorption zu Verfügung steht, an sich nicht Wunder. Immerhin ist es beachtlich, daß die prozentuale Resorption dieses Disaccharids, das in toto in das Darmschleimhautepithel aufgenommen und dort enzymatisch gespalten wird, ebenso rasch vor sich geht wie die prozentuale Resorption der Monosaccharide.

Der Vergleich zwischen Maltose- und Saccharoseresorption gibt nur für die Resorption 10 %iger Lösungen Hinweise auf eine gleiche Resorptionsgeschwindigkeit. Wenn dagegen höhere Konzentrationen verabreicht werden, erweist sich eindeutig, daß Maltose rascher resorbiert wird. Zum Vergleich seien die Werte der Prozentualen Resorption von Saccharose aus der Arbeit von Roether den Maltosewerten unserer Untersuchungen gegenübergestellt:

1. Resorption 10 %iger Lösung nach 15, 30 und 60 Minuten			
Maltose	83,4 %	93,4 %	95,8 %
Saccharose	73,8 %	86,1 %	96,1 %
2. Resorption 20 %iger Lösungen nach 15, 30 und 60 Minuten			
Maltose	69,8 %	92,8 %	98,8 %
Saccharose	59,8 %	69,8 %	87,1 %
3. Resorption 30 %iger Lösungen nach 15, 30 und 60 Minuten			
Maltose	58,7 %	75,8 %	87,7 %
Saccharose	62,0 %	67,0 %	89,8 %
4. Resorption 50 %iger Lösungen nach 15, 30 und 60 Minuten			
Maltose	51,9 %	75,5 %	87,5 %
Saccharose	42,3 %	58,4 %	88,2 %

Auf Grund dieses Vergleiches hat es also den Anschein, als wäre die Aktivität der Saccharose als limitierender Faktor der Saccharoseresorption möglicherweise geringer als die der Maltoseaktivität.

Von Förster (7) wurde darauf hingewiesen, daß auch für rasch und aktiv resorbierbare Zucker wie die Glucose ein Grenzwert der Resorption besteht. Mit anderen Worten ist es bei diesem Zucker nicht möglich, nach Erreichung eines bestimmten Wertes der Zuckerkonzentration in der Lösung durch eine weitere Erhöhung der Konzentration eine weitere Steigerung der Resorption zu erzwingen. Der Grenzwert entspricht der maximalen aus dem Darmangebot resorbierten Zuckermenge in mg pro Zeiteinheit. Es leuchtet ein, daß ein solcher Grenzwert bei der oralen Verabreichung einer Substanz wegen der verzögerten Magenentleerung und der dabei stattfindenden Verdünnung der Lösung schwieriger zu erreichen ist als bei direkter Applikation der Substanz in den Darm. Bei Verabreichung der von Förster (7) gewählten 50 %igen Glucosekonzentration deutete nach 60 Minuten Prüfzeit noch nichts auf die Erreichung eines Grenzwertes hin, da die prozentuale Resorption mit 87,9 % außerordentlich hoch war und es gegenüber der Resorption 20 %iger Glucoselösungen noch immer zu einem deutlichen Zuwachs der absoluten Resorption kam. Dieses Verhalten gilt zweifellos für die Maltose (siehe Abbildung I). Während nach Förster (7) Grenzwerte für die Glucoseresorption lediglich für 50 %ige Lösungen bei 30 und 50 Minuten Prüfzeit, niemals hingegen bei niedriger Konzentration sich abzeichnen, liegen die Verhältnisse bei der Maltose bei kürzeren Prüfzeiten auch bei niedrigen Zuckerkonzentrationen anders. So zeigt sich nämlich schon bei der 20 %igen Lösung für die kürzeste Prüfzeit (15 Minuten) ein deutlicher Abfall der prozentualen und absoluten Resorption gegenüber der 15 Minuten-Prüfzeit bei 10 %iger Lösung. Bei einem Vergleich der 20 %igen mit den 30 %igen Lösungen läßt sich dieser Abfall dann nicht nur für die kürzeste Prüfzeit, sondern auch für die Prüfzeit "30 Minuten" erkennen. Die Grenzwerte der Maltoseresorption sind also doch wesentlich eher, d. h. also bei niedrigeren Konzentrationen erreichbar als die Grenzwerte der Glucoseresorption. Dies bestärkt uns in unserer Ansicht, daß die verzögerte Magenentleerung bei der Maltoseapplikation Ausdruck einer langsameren Resorption des Disaccharids ist und damit eine sinnvolle Regulation darstellt.

Zur Lokalisation der bevorzugten Maltoseresorption lassen sich mit unserer Methode auf Grund der Resorptionsprüfungen in verschiedenen Darmabschnitten (siehe Tabelle II) ebenfalls genaue Aussagen machen. Man muß bei der Art unseres methodischen Vorgehens lediglich bedenken, daß eine Angabe über die Resorption im Darmabschnitt D_1 zwar ausschließlich eine Aussage über die Resorption in diesem Abschnitt macht, daß aber die Angaben über die Resorption des Abschnittes D_2 oder D_3 oder D_4 immer als Resorption von " $D_1 + D_2$ " bzw. " $D_1 + D_2 + D_3$ " bzw. " $D_1 + D_2 + D_3 + D_4$ " zu verstehen sind. Wenn demnach die Werte der prozentualen Resorption für D_1 ebenso hoch wären wie für D_2 , dann hieße dies,

daß im zweiten Darmabschnitt keine weitere Resorption stattgefunden hat. Ein solches Verhältnis fand z. B. Bailer (2) bei der Lactoseresorption, die offensichtlich ganz bevorzugt in den oberen Darmabschnitten stattfindet. Diese Befunde stehen in guter Übereinstimmung mit Ergebnissen von Dahlquist (4), der fast ausschließlich in den oberen Dünndarmabschnitten beim Säugetier Lactase in der Darmschleimhaut finden konnte. Da nun Dahlquist umgekehrt Saccharase und Maltase fast ausschließlich in unteren Dünndarmabschnitten also im Jejunum vorfand, war dieser Abschnitt als Praedilektionsstelle der Resorption dieser Disaccharide zu erwarten.

Auf Grund der Ergebnisse von Roether (19) über die Saccharoseresorption und auf Grund unserer eigenen Befunde, können wir die Resultate von Dahlquist (4) nur mit Einschränkungen bestätigen. Sowohl bei Roether (19) als auch bei uns zeigte sich nämlich, daß bei Prüfung aller Saccharose- bzw. Maltosekonzentrationen bereits im ersten Darmabschnitt eine erhebliche Resorption stattfindet.

Dies ist für die Maltoseresorption aus den für D_1 oder auch D_2 ermittelten Prozentsätzen zu erkennen. Das praktisch völlige Fehlen von Saccharase und Maltase in den obersten Darmabschnitten gemäß der Dahlquistschen (4) Untersuchungen steht also nicht in Übereinstimmung mit der Tatsache, daß Saccharose und Maltose dort bereits in erheblichen Mengen resorbiert werden.

Andererseits ist aber nicht zu verkennen, daß besonders bei Berücksichtigung der Ergebnisse der höherprozentigen Maltoselösungen der Zuwachs der prozentualen Resorption im Abschnitt D_3 besonders ausgeprägt ist. Natürlich ist dabei zu bedenken, daß D_3 mit 7/10 des Dünndarms den größten Abschnitt ausmacht und daß von uns darüber keine Aussage gemacht werden kann, ob nicht gerade in den ersten der sieben Zehntel die stärkste Resorption stattfindet. Dafür sprechen bis zu einem gewissen Grade auch die Resultate der Resorption in den Zeitabschnitten von 60 Minuten, für den ja eine andere Dünndarmunterteilung vorgenommen wurde ($D_1:2/10$, $D_2:2/10$, $D_3:3/10$, $D_4:4/10$). Auch bei dieser Prüfzeit erweist sich der stärkste Zuwachs in der Resorptionsquote im Abschnitt D_3 (bei 50 %iger Konzentration), was nicht den von Dahlquist (4) angegebenen letzten Partien des Dünndarms mit der von ihm ermittelten höchsten Maltaseaktivität entspricht. Die erwähnten Untersuchungen von Roether (19) über die Saccharoseresorption geben auch in dieser Hinsicht ein ganz ähnliches Bild.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Mit Hilfe der von Mehnert und Förster (16) beschriebenen Kollidon-Clearance wurde bei insges. 120 Ratten die Resorption von 10 %iger, 20 %iger, 30 %iger und 50 %iger Maltoselösung nach 15, 30 und 60 Minuten untersucht. Dabei zeigte sich, daß die prozentuale Resorption 10 %iger Maltoselösung, d.h. die Resorption in Prozent des Darmangebotes, ebenso hoch ist wie die prozentuale Resorption der am schnellsten resorbierbaren Monosaccharide Glucose und Galaktose. Die absolute Resorption der Maltose ist hingegen wegen einer für Disaccharide typischen, aus unerklärlichen Gründen verzögerten Magenentleerung deutlich geringer. Diese verzögerte Magenentleerung und das frühere Erreichen sogen. Resorptionsgrenzwerte bei höheren Maltosekonzentrationen sprechen für eine langsamere Maltoseresorption - verglichen mit den Werten von Glucose und Galaktose - unter anderen Versuchsbedingungen. Im Gegensatz zu Ergebnissen anderer Autoren, läßt sich eine deutliche Maltoseresorption bereits in den oberen Dünndarmabschnitten feststellen, auch wenn die Resorption im Ileum am stärksten ist.

Für die Überlassung des Themas, seine Unterstützung und sein ständiges Interesse an dem Fortgang der Untersuchungen danke ich Herrn Privat-Dozent Dr. H. MEHNERT.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

1. Arbogast, K. Inaug. Diss. München 1963
2. Bailer, P. Inaug. Diss. München 1963
3. Apperly, F. L. Brit. Jo. exp. Path. 7, 111, (1926)
4. Dahlquist, A. Bioch. J. 78, 282, (1961)
5. Dahlquist, A. und B. Borgström
 Bioch. J. 81, 411, (1961)
6. Dehmel, K. Inaug. Diss. München 1963
7. Förster, H. Inaug. Diss. München 1962
8. Geser, K. Inaug. Diss. München 1962
9. Karlson, P. Kurzes Lehrbuch der Biochemie. (1961)
10. Keilin, D. and E. F. Hartree
 Biochem. J. 39, 293 (1945)
11. Keston, A. S. Abstr. Amer. Chem.-Soc. 130th Meeting 69C (1956)
12. Langer, M. Inaug. Diss. München 1926
13. Leitz, K. Inaug. Diss. München 1963
14. Liebau, K. Inaug. Diss. München 1963
15. Mehnert, H., K. Stuhlfauth, B. Mehnert, R. Lausch, u. W. Seitz
 Klin. Wschr. 37, 1138 (1959)
16. Mehnert, H. u. H. Förster
 Klin. Wschr. 39, 596 (1961)
17. Reynell, P. C., and G. H. Spray
 J. Physiol. (Lond.) 131, 452 (1956)
18. Reynell, P. C., and G. H. Spray
 J. Physiol. (Lond.) 134, 501 (1956)
19. Roether, I. Inaug. Diss. München 1963
20. Schubert, R. und H. Werner
 2. ges. exp. Med. 131, 90 (1959)
21. Tammen, H. Inaug. Diss. München 1926
22. Teller, J. D. Abstr. Amer. Chem.-Soc. 130th Meeting 69C (1956)

LEBENS LAUF

Ich, Günther Dietze, wurde am 10. März 1936 als erstes von 2 Kindern des Lebensmittelchemikers Franz Dietze und seiner Ehefrau Olga, geb. Habicht, in Aussig geboren.

Von 1942 - 1943 besuchte ich in Hamburg die 1. und 2. Klasse der Volksschule an der Horner Rennbahn. Von 1944 - 1946 in Calositz im Sudetenland die 3. und 4. Klasse, von 1947 - 1949 in Hexenagger in Bayern die 5. und 6. Klasse der Volksschule. Im Herbst 1949 bestand ich die Aufnahmeprüfung in die 2. Klasse der Oberrealschule in Amberg/Opf., wo ich 1957 das Abitur ablegte. Noch im gleichen Wintersemester immatrikulierte ich mich in der medizinischen Fakultät der Maximilians-Universität in München. Nach 3 Semestern Studium legte ich im Wintersemester 1958/59 an der gleichen Universität die naturwissenschaftliche Vorprüfung ab. Im Sommersemester 1960 bestand ich die ärztliche Vorprüfung. Am 2. März 1964 schloß ich an der Maximilians-Universität das Studium mit dem Staatsexamen ab.

